

## STAGES M1 – INFORMATIQUE

### Description Scientifique

ACRONYME et titre du projet :RD-MUMIMO, Reinforcing drones for Multi-user MIMO

### Développement de la partie apprentissage uniquement

Noms et coordonnées des porteurs : Afifi H<sup>1</sup>, Vèque Véronique<sup>2</sup>, C. Bousseta<sup>3</sup>, H Mougla<sup>1</sup>  
contact : [hossam.afifi@telecom-sudparis.eu](mailto:hossam.afifi@telecom-sudparis.eu),

**Laboratoires ou équipes :**

*(Coordonnées des laboratoires ou équipes de l'institut de convergence qui bénéficieront des financements)*

Laboratoire Samovar, département RST , Télécom  
SudParis, IPP;

Laboratoire L2S, Centrale Supélec  
Université de Reims

Description (2 pages) :

## Introduction

Le but du stage est de réaliser un algorithme d'apprentissage par renforcement permettant d'utiliser la nouvelle propriété des antennes directionnelles du 802.11AX (Wifi) et de la 5G pour orienter le drone et optimiser les lobes de réception.

Le Multi-User MIMO consiste à offrir un lobe d'antenne par usager sur les réseaux sans fil Wifi et cellulaires. La norme offre cette possibilité, mais c'est à chaque constructeur de trouver comment former les champs électromagnétiques pour optimiser la réception et axer chaque lobe d'antenne vers un utilisateur particulier. Donc, dans le MU-MIMO, nous avons d'un côté, une borne équipée de plusieurs antennes et de l'autre un terminal (smartphone, pc, etc..) supportant la même propriété.

Par ailleurs, le renforcement permet de trouver de manière autonome des actions qui donnent la meilleure récompense à l'algorithme (State Action Reward).

Nous souhaitons donc, par ce stage, coupler les deux principes, afin que le drone équipé d'un point d'accès MU-MIMO puisse se positionner et s'orienter dans un but d'optimiser la qualité de service globale.

Nos connaissances jointes sur les aspects de propagation radio (L2S) et sur le renforcement que nous appliquons sur des problèmes de gestion d'énergie devraient permettre d'obtenir des résultats sur ce couplage assez complexe.

La stagiaire va se familiariser durant le premier mois aux deux concepts. Elle aura à sa disposition des supports de cours, des articles scientifiques et des doctorants des deux laboratoires impliqués dans les aspects radio et IA.



## Etat de l'art

[3] traite de la conception d'un schéma d'équilibrage multi-utilisateurs, de type MU-MIMO (OFDM) pour le 802.11AC. Le travail permet de programmer des transmissions simultanées à différents utilisateurs tout en garantissant l'équité. Comme nous l'avons indiqué, il est nécessaire de récupérer l'état du canal. Ceci est fait à l'aide d'état de canal (CSI). Ainsi les auteurs déterminent les paramètres de transmission les plus appropriés pour chaque utilisateur sélectionné. Ce travail est très intéressant mais n'adresse pas du tout les nouvelles techniques de l'OFDMA, particulier à la norme 802.11AX et à la 5G.

Dans [2], nous étudions le renforcement pour couvrir des zones de fortes affluences de terminaux cellulaires. Les drones se déplacent et choisissent de manière optimale grâce à de l'apprentissage par renforcement de type Q-Learning. Nous souhaitons, dans ce stage, considérer l'aspect MU-MIMO et non pas une couverture de grandes zones, comme c'était le cas dans notre travail précédent. De plus, nous nous axons vers du renforcement par gradient de politique (Policy gradient) plutôt que du Q-Learning.

Enfin, dans [5] nous trouvons un algorithme qui utilise la descente de gradient pour ajuster le lobe d'antenne, au lieu d'une solution ILP qui serait trop gourmande. La solution n'est pas vraiment basée sur de l'IA. Uniquement, des tests de gradients et des chaînes de Markov sont utilisées pour trouver une valeur de débit convenable sur le lobe d'antenne.

## MU-MIMO

Le concept de formation de lobe, porte le nom de beamforming. Il existe dans les standards depuis l'apparition du MIMO (système à antennes multiples), donc depuis quelques années. Chaque antenne est couplée à un émetteur récepteur (transceiver). On utilise le MIMO pour augmenter la capacité de transmission ou pour rendre le signal plus robuste (multiplexage spatial). Dans la pratique, il est nécessaire de faire un système de sondage afin de connaître l'efficacité du canal MIMO. Des messages sont mis à disposition par les standards pour effectuer cette tâche.

L'évolution du MIMO vers le MU-MIMO est représenté par la gestion individuelle de chaque groupe de transceivers par terminal. Ainsi, chaque usager croit avoir à sa disposition l'intégralité de la ressource de la borne. La borne gère ainsi plusieurs terminaux de manière parallèle.

La qualité du canal MIMO dépend uniquement de l'organisation des antennes des deux côtés et de la position de chaque paire.

La première étape du stage consistera à utiliser les messages radio qui donnent une notion de qualité de service (puissance du signal global) sur la configuration des antennes. Nous pourrons utiliser un simulateur (Opnet et Quadnet) à cet effet en premier lieu pour orienter nos travaux.

En deuxième lieu, nous pourrons utiliser les souches logicielles OpenSource de points d'accès Wifi, supportant le MIMO pour avoir une vue réelle du déroulement des sondages de canal dans la réalité.

## RL pour drones

La seconde partie du stage se focalise sur l'apprentissage par renforcement. Nous allons limiter le nombre d'actions que peut effectuer le drone pour simplifier le problème. Nous nous limiterons donc à une rotation du drone en état de vol stationnaire ou en état de parking sur support fixe.

Le renforcement se fait sur la base d'un agent (le drone) et d'un environnement (le sondage du canal MUMIMO). L'agent accomplit des actions (rotation gauche droite autour d'un axe) et le canal va rendre pour chaque rotation le niveau des réceptions de signal provenant des terminaux distants.

Ainsi le drone pourra effectuer son apprentissage, en fonction de la position des terminaux et de leur nombre pour trouver le meilleur angle qui servira tous les terminaux avec une qualité de service maximale.

Dans la figure ci-contre, nous avons trois canaux MU-MIMO simultanés, servant trois équipements qui sont situés à des distances inégales par rapport au drone.



Dans cette partie, la stagiaire aura pour mission de réaliser le couple agent/environnement. D'une part, l'agent envoie des positions et des mesures de signal correspondant à la position des terminaux, et de l'autre l'environnement évalue la qualité de service globale et renvoie une récompense équivalente à l'agent. Nous pensons utiliser le gradient de politique (policy

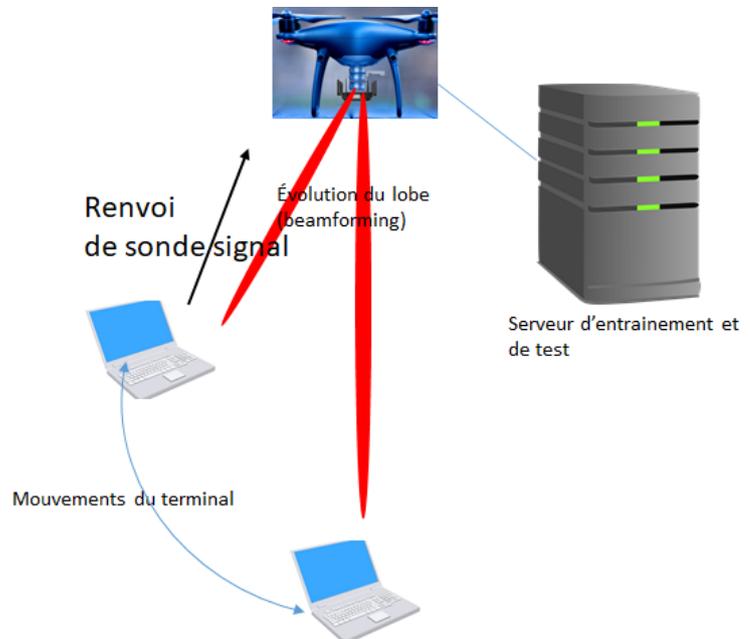
gradient) ascendant vu qu'il donne de meilleurs résultats que les réseaux DQN utilisés auparavant dans ce genre de problématique.

### Résultats attendus pour le projet INFORMATIQUE

Nous espérons développer une plateforme 3D permettant à des drones de cibler de objets et de les suivre. L'idée est d'utiliser l'apprentissage en général et éventuellement le renforcement.

### Cahier des charges :

- 1) Le(a) stagiaire va s'initier aux environnement d'apprentissage python, en utilisant les librairies d'IA : TensorFlow
- 2) Dans le mois suivant, le stagiaire va démarrer les développements en se basant sur des librairies de reconnaissance d'objets et en utilisant du code adapté aux caméra IP embarquées sur les drones.
- 3) Une évaluation sera faite sur les différentes options de suivi d'objet et d'optimisation. L'algorithme le plus adapté sera codé pour piloter les caméras IP
- 4) Dans le cas de présence d'un drone programmable (cela n'est pas encore sur), le stagiaire devra adapter son algorithme de pilotage et de contrôle sur ce drone. Sinon, un code distribué sur plusieurs caméras IP sera développé pour suivre le même objet en coordination



### Evaluation

Selon l'avancement du travail, une collègue de l'université de Reims (Mme Bousseta) pourra tester des algorithmes sur de vrais drones que l'on pourra faire voler dans une base réservée à cet effet à Reims.

### Références

1 [Fan Huang](#), [Joanna Tomasik](#), [Véronique Vèque](#), Improvement of Cell Edge Performance by Coupling RB Allocation with Beamforming . HAL Id : hal-01061244

2 [Seif Eddine Hammami](#), [Hossam Afifi](#), [Hassine Moun gla](#) , [Ahmed E. Kamel](#)

Drone-assisted cellular networks: a multi-agent reinforcement learning approach . HAL Id : hal-02101394

3 [Mounir Esslaoui ; Felip Riera-Palou ; Guillem Femenia](#) A fair MU-MIMO scheme for IEEE 802.11ac . IEEE SWCS 2012

4. *Kim and Song-Nam Hong* Semi-Supervised Learning Detector for MU-MIMO Systems with One-bit ADCs.

5 [Nikos Sidiropoulos](#). Machine learning for transmit beamforming and power control . ICC 2018 Workshops.